

機械系学生へのメカトロものの作り教育の一試み —自律式移動ロボットの設計製作—

吉富秀樹*

Mechatronics Education Based on Hand-making Practice for the Students of Mechanical Engineering - Design and Production of Autonomous Mobile Robot -

Hideki YOSHITOMI*

In the field of science and technology, it is necessary to develop a new creative method of education instead of usual passive and uniform-oriented style. For this purpose, the author tried to introduce mechatronics education based on hand-making practice for the students of mechanical engineering. The practice means design and production of autonomous mobile robot using microcomputer, sensor, electronic device, and so on. First approach was executed in a graduation study through a development of automated guided vehicle model. In the study, several problems existing in these activities, i.e. cost, time, instruments and interest of the students, were investigated. Through this trial, it was evident that more effective method should be developed for basic education of mechatronics, because the students of mechanical engineering would not be proficient in the field. So, the author introduced a practical program which was a remodeling exercise of a toy model car into the autonomous mobile robot. In this paper, the effective methods of mechatronics education are proposed through these trial results.

1. まえがき

筆者は、平成8年に企業から本校の機械工学科に移り工業教育に携わることになったが、最初の課題は卒業研究で何をするかということであった。なにしろ実験装置も無いゼロからのスタートであったので何をするかというより何ができるかという思いが強かったが、筆者自身これまで企業でもの作りに係わってきたことと、機械系ではハード面を取り入れた教育が必要なこと、さらに従来の画一的・受身的な教育を変える方法を試行してみたいとの思いから、卒業研究の題目を「CADによる自律式移動ロボットの設計と試作」として”メカトロものの作り”に関する教育・研究に着手した。

本報告では、機械系学生へのメカトロものの作り教育について、まず初年度（平成8年度）に行った卒業研究を通して得られた知見と筆者の感想等を述べる。次に、初年度の反省を元に、2年目（平成9年度）にはメカトロニクスの基礎学習について教育方法の改善を試みたところかなりの効果が得られたので、これについても併せて報告する。

2. 背景とねらい

近年のマイクロコンピュータの発達（高性能化と低価格

化）はめざましく、機械工学の分野でも種々の機械に搭載されている。例えば、自動車ではエンジンにマイコン制御が使われているのは周知のことだが、高級乗用車にいたっては自動変速機やブレーキなど20箇所以上に電子制御ユニットが搭載されており¹⁾、今や自動車のあらゆる機能がマイコンの制御なくしては働かなくなっている。

機械工学は従来4大力学（材料力学、熱力学、流体力学、機械力学）や工業材料といった学問を柱として成り立ってきた工学分野であるが、マイコンの出現を契機として機械技術者といえども電気や電子回路の基礎知識が必要となっている。すなわち、いわゆるメカトロニクスが機械工学の重要な柱として加わってきたと言えよう。しかし一方で、機械系の学生は電気や電子回路が苦手な者が多いのも事実である。メカトロニクスを苦手意識を持つことなく効果的に修得する教育手法を開発することが必要である。

また、最近では高専や大学の理工系分野において、創造性豊かな人材を育成する教育を実現する方法として、もの作りを通しての実践教育が注目され種々の形態で行われている²⁾³⁾。その中でもロボットの製作を通じてのメカトロものの作り教育は、学生の興味を喚起しやすく、またロボットが完成し実際に動いた時に達成感が得られることなどから、一部の課外活動のみでなく教科課程においても採用されてきている⁴⁾⁵⁾⁶⁾。特に専攻科においては、より高度な教育を行うという面から、特別実験等では本科とは一味違った実践教育としてメカトロものの作り教育を取り入れることは意義あるものと考えられる。

このような背景から本研究は、ロボットを設計製作するという研究・開発的な面に加えて、メカトロものの作り教育

*機械工学科

平成9年8月6日受理

という面からも効果的教育手法を検討することをねらいとしている。したがって、初年度の卒業研究では主として以下のような項目に着目して指導を行った。

- ・創造性と協調性を育成するもの作り
- ・設計と製図 (CAD)
- ・メカトロニクスの基礎修得

これらの項目の具体的なねらいを表1に纏める。また、このような教育には最低限どの程度の設備機器が必要であるかについても検討した。さらに、2年目になって、前述のようにメカトロニクスの基礎を効果的に修得させることを目的として教育方法の改善を試みた。

3. メカトロもの作り教育の実践

本章では初年度の卒業研究「CADによる自律式移動ロボットの設計と試作」を通して行ったメカトロもの作り教育について述べる。

3. 1 ロボットの概要

初年度に製作したロボットはFA工場等での無人搬送車を模擬したもので、経路トレース機能を持つ自律式移動ロボットである。このロボットの設計仕様は、無人搬送車としての基本機能のみを有するものとし、以下のように設定した。

- (1)床面に敷設した誘導テープに沿って移動する経路トレース機能を有すること。
- (2)大きさは机上に置ける小型モデルとする。
- (3)誘導テープの識別は光センサによって行う。
- (4)自律制御用のマイクロコンピュータを搭載する。

- (5)駆動方法はステッピングモータによる車輪駆動とし、操舵は左右の車輪の速度を変える方式とする。
- (6)動力源は充電式バッテリーとする。

3. 2 CAD及び協同作業の導入

周知のように近年パソコンの発達により機械設計においてはCAD (コンピュータ援用設計) が取り入れられ、今やメーカーにおいてはほとんどの図面がCADによって作られている。そこで、本研究でもCAD技術の修得をめざしてロボットの図面はCADで作成するものとした。使用したCADシステムは機械工学科において導入しているEWS版の総合2次元CADシステムGRADE/DP-Sを使用した。もちろん、パソコン版のCADでも十分対応可能である。

一方、企業の製品開発においては、一人で行うことはまれで、多くの専門分野の者が集まり協同で作業を行うという形態が採られる。このとき重要なのは、お互いの意思の疎通や情報交換である。これがうまく行かないと、不具合が発生したり工期が遅れたりする。したがって、複数の人間が力を合わせて1つの機械を開発してゆく過程を体験し問題意識を持つことは実践的工業教育において有益なことと思われる。そこで、卒研生を構造設計グループと計測制御グループの2つに分け、互いに分担協力しコミュニケーションしながら作業を進める形態をとった。それぞれのグループの役割分担を表2に示す。表から分かるように、構造設計グループはシャーシや駆動系の設計と製作を担当しておりメカ的色彩の濃い内容としている。一方、計測制御グループはマイコンやセンサおよび電子回路を担当しエレクトロニクス寄りの内容にした。グループ間の情報交換に

表1 メカトロもの作り教育のねらい

区分	項目	内容
創造性と協調性	創造性	製作するロボットは組立キットは使わず出来るだけ自作させ、創造性や学生の興味を喚起させる。
	協調性	設計製作を分担し協同して作業を進めることを体験し、情報交換の重要性を認識させる。
設計と製図(CAD)	設計	部品カタログから適切な型式を選定し、また、カタログを参照して設計を進めることを学ばせる。
	製図 (CAD)	CADの使い方を修得させると共に、部品や組立図を図面として表現し実際の製作に使うことを体験させる。
メカトロニクスの基礎修得	マイコン	マイコンの機能を学ぶことはもとより、実際にロボットに組み込んで使えるようになるまで理解させる。
	センサ	マイコンのI/O機能を学び、実際にセンサをマイコン制御回路に組み込めるところまで理解させる。
	アクチュエータ	マイコンでDCモータを駆動する回路を学ばせる。
	プログラミング	アセンブリ言語の命令を理解し、ROM化実装の方法を修得させる。
	インタフェース	トランジスタの機能を理解し、マイコンと機器を接続する方法を修得させる。
	電子回路	リレー回路などの簡単な電子回路を設計させ、実際に基板にハンダ付けさせる。

表2 グループ分けと分担内容

グループ	分担項目	内容
構造設計グループ (人数：2名)	全体構造の設計製作	・全体構造の検討と設計 ・センサ、マイコン等の機器搭載方法の検討 ・車体シャーシ及び各部品の設計と製作
	駆動系の設計製作	・駆動機構の検討と設計製作 ・モータの所要動力検討と選定
計測制御グループ (人数：3名)	センサ系の設計製作	・光センサの特性と取付位置の検討
	制御系の設計製作	・制御方法の検討 ・I/Oポートの設定 ・制御プログラムの作成とROM化実装 ・各インタフェースとの回路接続
	インタフェース回路の設計製作	・センサ用インタフェース回路の設計製作 ・モータ用インタフェース回路の設計製作
	電子回路の設計製作	・電源部の設計と製作 ・全体回路の設計と結線

表3 グループ間情報交換で期待される伝達項目

情報の流れ	伝達項目
構造設計Gr. ⇒ 計測制御Gr.	・駆動機構および操舵方式 ・モータの特性（電流、電圧、回転数とトルク等） ・モータ及びドライバの接続図と機能 ・車輪径と配置、各部質量と慣性モーメント ・全体構造図および寸法
計測制御Gr. ⇒ 構造設計Gr.	・各機器の寸法と重量 ・センシング方式とセンサ取付位置 ・マイコン形状寸法と取付方法 ・各部インターフェース及び電源装置の形状寸法 ・制御方式

において期待される伝達項目を表3に示す。

3.3 実施内容と問題点

(1) メカトロニクスの基礎教育

ロボットの開発を行なう場合、マイコンや電子回路及びプログラミング等に関する基礎的な知識が必要である。しかし、一般的に機械の学生はこれらの知識が十分とは言えず基礎から教えて行く必要がある。初年度はメカトロニクス関係の教科書を使って座学中心に行ったが、学生の興味が続かず中だるみの状態が見られた。そこで、2年目にはこの教育方法を改善したわけであるが、これについては第4章で詳述するのでここでは省略する。

(2) 構造設計と製作

製作用の図面はCADで作ることを前提として始めたが、いきなりCADで描くことは難しいようであった。学生が実際に行った手順は、まず手書きで図面を描き、CADは清書用に使うといった方法であった。これはCADに十分習熟していない段階ではいたしかたないことであろう。ただし、一旦CADを始めると非常に熱心に取り組む姿が見られ、CADは学生にとって比較的受け入れやすいものと実感した。

なお、問題点としてはカタログ資料をもとに設計を進めるということが苦手なようであり、“実物が無いから設計できない”とか“作ってみたいと分からない”などという学生もいた。また、部品を組み立てて行くと部材と部材が干渉するところが何箇所かあったが、これは設計の初歩的段階ではよくあるミスであり、学生自身がこういう問題に気付くだけでも有益と思われる。図1に学生が描いた自律式移動ロボットの全体組立図を示す。初めてにしては比較的よく描けていると思われる。

(3) 計測制御と電子回路の設計製作

マイコンとプログラミングに関しては興味が持てるようであり、自発的に取り組む姿勢が見られた。アセンブル言語のプログラミングについては理解が難しいかと心配していたが、比較的簡単なプログラムではあったが、計測制御グループ全員がすぐに修得できた。高専のレベルの学生であれば、能力的には全く問題無いようである。一方、電子回路については、苦手意識から手を出したがいらない者もいたが、反対に積極的に取り組む者もあり、一概に機械系学生は電気が苦手とは言えないようである。ただ、心配していたことではあるが、配線ミスからスイッチを入れた途端

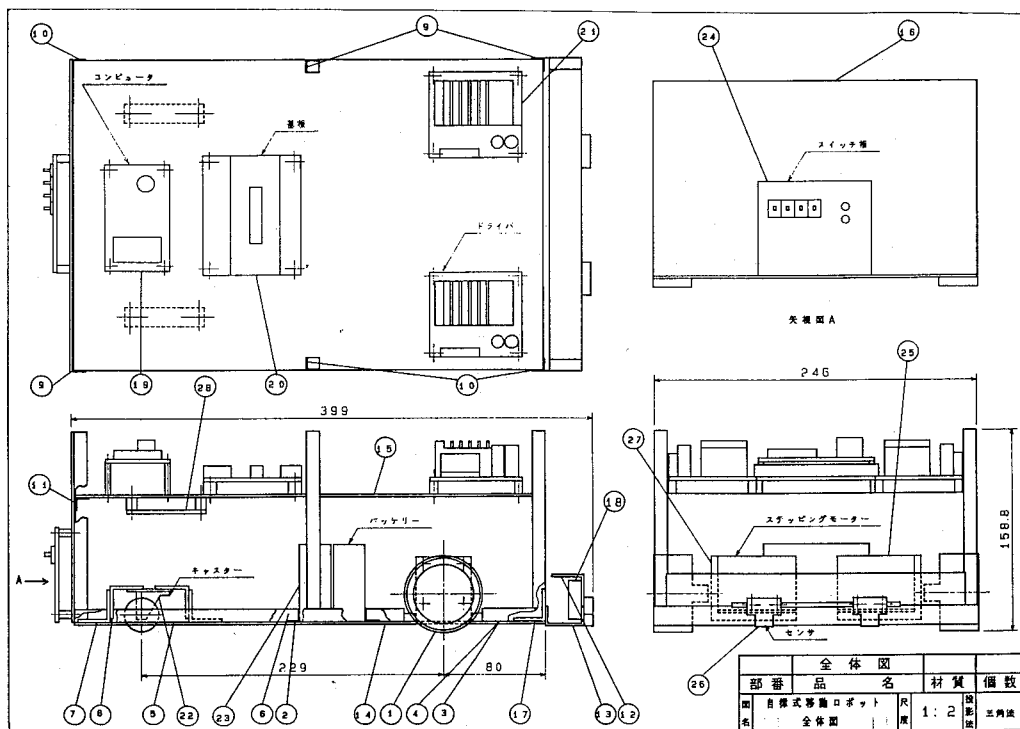


図1 自律式移動ロボット組立図

表4 初年度のロボット製作スケジュール (実施結果)

4月	7月	10月	1月
メカトロニクスの基礎学習			
ロボット設計製作			
試運転、改良			
まとめ			

に煙が出て高価な電子部品を焼いてしまうことが実際に起こった。これはある程度は避けられないことと思われ、出来るだけ安価な部品を使うしかあるまい。

(4) 協同作業

2つのグループ間で積極的に情報交換することを期待していたが、実際にはコミュニケーションはあまり行われていなかった。製作の段階になって問題が起こっても、“それは聞いていない”という声が相互のグループから聞かれた。今回は指導教官側で、互いのグループ作業がミスマッチしないよう注意していたので大事には至らなかったが学生だけの場合には問題である。やはり、全体をまとめる統括責任者が一人要るとされる。また、自分の担当作業だけ行って、他のグループの作業には全く関心を示さない傾向もみられた。グループとしての一体感をいかに持たせるかがポイントであるが、これも学生の中からリーダーが出ればある程度解消できよう。

(5) スケジュール

このようなマイコン制御の自律移動ロボットをゼロから製作するとなると一般的に相当な時間を要す。他の高専や大学、ポリテク等の実施例をみても、短いところで半年、

長い所では1年半かけており、1週当たりの時間数にもよるが普通10カ月から1年位はかけているようである。表4に初年度の実施結果を示す。メカトロニクスの基礎学習に9月末までかかり時間数にして約50時間を要している。これは、前期は就職試験や夏休みがあることや後期に比べて卒業研究の時間が少ないことが影響しているが、それにしても多大な時間を要しており、このメカトロニクスの基礎を如何に効率的に教えるかが重要である。これについては第4章で述べる。

(6) 製作したロボットの概要

初年度に製作した自律式移動ロボットの写真を図2に示す。無人搬送車を模倣するため箱型の形状を採用し、車輪は安全等を配慮し車体側面の内側に取り込んでいる。品物を搭載する場合には最上部にアルミ板を1枚設置する構造である。部材は、軽量化と加工のし易さを考えて全てアルミである。駆動部は左右の駆動輪がステッピングモータの減速ギヤ軸に直結し、後部の2輪はキャスターとなっている。車体最前部に光センサが2基搭載されており、床面のテープを識別する。操舵は左右のモータの回転数を変えて曲がる予定であったが、実際には一方のモータの回転を止

めて曲がる単純な方式となっている。マイコンは8ビットのZ80互換のワンボードマイコンを搭載しており、プログラムはアセンブリ言語で作成した。

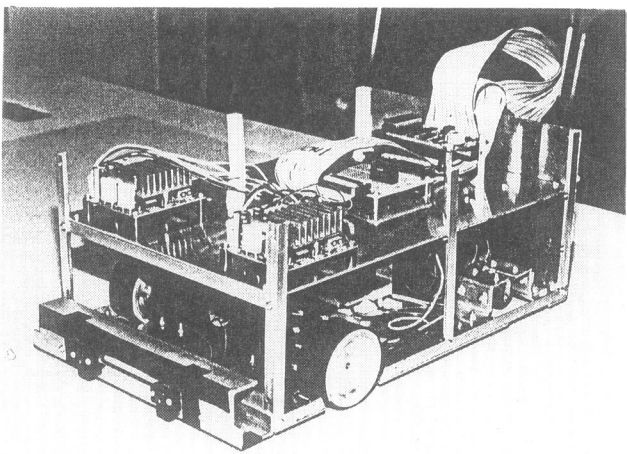


図2 初年度に製作した自律式移動ロボット

3.4 主な設備

(1) ワンボードマイコン

マイクロコンピュータは各社から販売されており選択に迷うほどであるが、本研究ではZ80互換の8ビット機を採用している。近年は高性能なマイコンボードもあるが、NASAの火星探査車ソジャーナもインテル社の80C85を搭載しているというから⁷⁾、これで十分であろう。初年度は共立電子産業(株)のKBC-Z05を採用した。これは取扱説明書がしっかりしており大変使いやすい。なお、2年目の実習では資金的負担を減らすため(有)秋月電子通商のAKI-80のキットを使った。

(2) プログラム開発環境

本研究ではパソコンでのプログラム開発を前提としており、図3にプログラム開発環境の構成を示す。プログラム言語としてアセンブリ言語を使用することとしたため、ソフトウェアとして、エディタ、クロスアセンブラ及びEP-ROM用の書き込みソフトを予めパソコンにインストールした。なお、使用したパソコン(NECのPC9801)がMS-DOS環境であったため、ソフトウェアは全てMS-DOS版で揃えたが、これらはWindows版も販売されており、ビジュアルな環境を好むならWindows版がよいであろう。

プログラム開発環境構成図

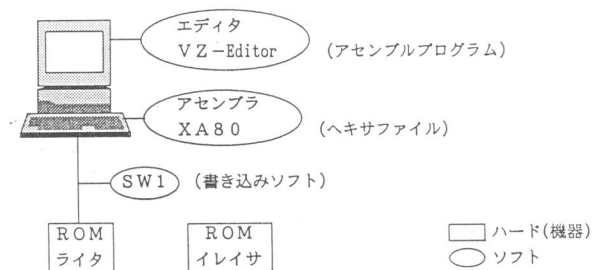


図3 プログラムの開発環境

また、シミュレート&デバッガやICE(インサーキットエミュレータ)は導入していないが、簡単な移動ロボットの制御プログラムならクロスアセンブラのみでも開発可能である。ROMはEP-ROMを使用し、ROMライター及びROMイレーサは、27C256に対応可能で比較的低価格のものを選んだ。

(3) 直流電源及び計測器

マイコンを含む電子回路を製作するのであるから直流電源と計測器は必要である。ここでも最低限何が必要であるかという観点から検討した。結局、今回導入した機器は以下の4点である。

- ・ 直流電源
- ・ テスター
- ・ デジタルオシロ
- ・ ロジックアナライザ

電子回路を組んで行くと種々トラブルが起こるが、上記の4機種でいちおう対応可能であった。特に、デジタル回路を扱うのでロジックアナライザが役に立った。なお、直流電源とテスターは常用したが、デジタルオシロとロジックアナライザはトラブル時にしか使わなかった。

4. メカトロニクスの基礎教育方法の改善

4.1 問題点と改善のポイント

初年度はメカトロニクスの基礎について座学を中心に教えたが、前述のように中だるみの傾向が見られ、時間的にも約50時間を費やした。そこで、メカトロニクスの基礎を効果的に教える方法の必要性を痛感し、2年目を始めるに当たりその手法を検討した。そこで、まずテキストについては最初から分厚いメカトロニクスの教科書に取り組むのはマイナスと考え、ロボットの製作に必要なごく基礎的な事項のみを記したテキストを用意することとした。また、座学のみでは学生の興味が続かないことと知識も真に身に付かないと思われ、上記のテキストに加え簡単なメカトロ実習を取り入れることにした。この実習は、まずプログラミングを学ぶため市販の教育用ロボットを利用し、アセンブリ言語の命令とROM化実装の概要を学ばせた。次に、メカトロニクスの基礎学習の仕上げとして、玩具模型にマイコンとセンサ及びインターフェース回路を組み込んでマイコンロボットに改造する実習を行った。

これらの方法を2年目の卒業研究の始めに実践したところ、学生は興味を持って取り組み、6月末にはマイコンロボットが完成し、これにかかった時間は約30時間であり初年度に比べ効率の面でかなりの効果が見られた。この改善点を要約すると以下となる。

- ・ 基礎的なテキストの準備
- ・ 理解を促進する実習教材の活用
- ・ 座学ともの作り実習の効果的融合

4.2 具体的内容

(1) テキスト

テキストは自律移動ロボットの製作に必要な基本的な事項のみを記述したものであり、”まずロボットを作ってみ

る”という考え方に立っている。ロボット製作の過程でさらに高度な知識が必要と学生が自覚すれば、学生自らが教科書や文献で学んで行けばよいことである。テキストの内容を以下に示す。

テキスト内容

1. センサ
 - ・マイクロスイッチ
 - ・光センサ
 - ・超音波センサ
2. リレー
 - ・リレー
3. 電子部品
 - ・抵抗
 - ・コンデンサ
 - ・ダイオード
 - ・トランジスタ
 - ・タイマIC
4. マイコン
 - ・マイコンの構成
 - ・CPU
 - ・ROM、RAM
 - ・I/Oポート
5. インタフェース回路
 - ・トランジスタの働き
 - ・ホトカブラ
6. トレースロボット
 - ・ブロック図
 - ・メモリマップとI/Oマップ
 - ・アセンブリ言語
 - ・プログラム例
7. ROM化実装
 - ・アセンブラ
 - ・ROM化手順

(2) 教材の活用

マイコンの機能やプログラミングを実践的に学ぶため市販の教育用ロボットを活用した。教育用ロボットはいろいろと市販されているが、ここでは比較的安価なものとして(株)デンジニアの教育用ライントレーサを用いた。ただし、実際に使用したのは電子回路とセンサ部のみで、台車の部分は模型用ギヤボックス等を用いて改造したものを使用した。これを図4に示す。

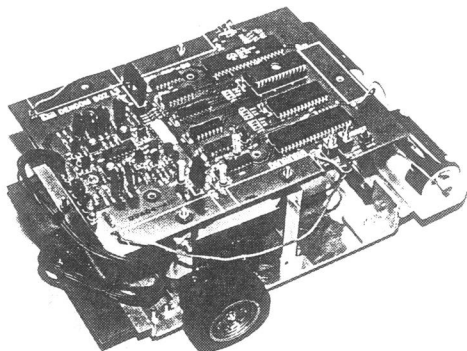


図4 台車部を改造した教育用ライントレーサ

(3) もの作り実習

メカトロニクスの基礎教育の仕上げとして、玩具模型を自律式移動ロボットに改造する⁸⁾⁹⁾。模型は田宮模型の”壁づたいねずみ工作基本セット”を用いた。これは図5に示すように左右独立に2つのモータと車輪を持っており、構造もシンプルで大変使いやすい。これを改造した”マイコンねずみ”を図6に示す。大きさは手の平に乗る程度である。

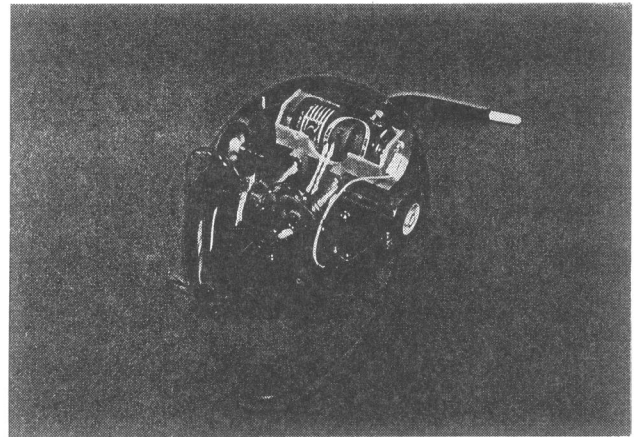


図5 市販模型の原型

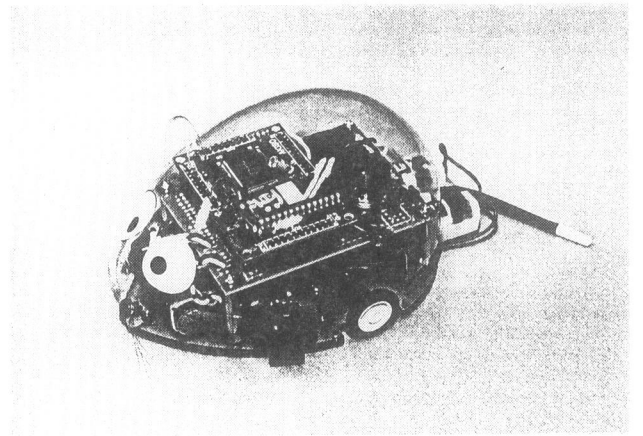


図6 市販模型を改造した”マイコンねずみ”

”マイコンねずみ”の電子機器類は、配線ミスで破損する恐れがあることや、資金面での負担をできるだけ軽減するため安価で使いやすいものを選んだ。センサはオムロンの反射型フォト・マイクロセンサEE-SY671を用いた。このセンサはアンプ内蔵型で丈夫で手軽に使えるものである。マイコンは、ワンボードマイコンの安価なものを採用することとし前述のようにAKI-80を使用した。これはキットであるから前もって組み立てておく必要があるが、安価ながらZ80互換でありZ80の命令がそのまま使える。アクチュエータはマブチモータのRE-140を2基搭載している。モータ駆動回路はリレーを採用することとし、オムロンのG6A型ミニリレーを採用している。また、マイコンとリレーのインタフェースとしてはスイッチングトランジスタを用いた。

電源は、モータ駆動用として単3乾電池2個を使用し、リレー駆動用に006P乾電池1個を搭載している。マイコンとセンサ用の5V電源は006P乾電池からDC-DCコンバータを介して供給している。

なお、この電子回路の設計をゼロから機械系学生に行わせることはこのような初歩の段階では無理があり、各部の回路を学生と共に考えながら回路図作成を指導してゆくという方法を採用した。回路図が完成した後、電子部品の基板実装と結線は全て学生自身にまかせた。図6から分かるように、非常にコンパクトにまとまっております学生の苦心のあとがうかがえる。また、ねずみのヒゲやシッポもついており遊び心を持って楽しみながら創作したことが分かる。

玩具模型を改造したロボットではあるが、メカトロニクスの基本要素である

- ・センサ
- ・マイコン
- ・アクチュエータ
- ・プログラミング
- ・インタフェース回路

の全てを含んでおり、単なるハイクオおもちゃ作りではなく、メカトロものの作りが実体験できるものとなっている。教育現場におけるもの作りは、単なるおもちゃ作りであってはならないし、品物を生産するだけのものでもない。学生が創造性を発揮したり、ハイクオ技術を追体験できる知的創作活動でなくてはならない¹⁰⁾。

4. 3 資金的負担

このような教育を継続的に続けて行く上でのネックはやはり資金的な負担であろう。そこで、今回の”マイコンねずみ”の製作に要した部品を表5に示すが、部品代は1式で約14,200円であった。ただし、マイコンやセンサなどの電子機器は、基板に直接ハンダ付けしていないため再使用可能であり、2年目からは消耗した部品のみ購入すればよいので約4,800円の負担ですむ。それでも、やはり費用負担をどうするかが大きな問題であることには違いない。

5. あとがき

企業から工業教育界に移った筆者が、本校機械工学科の卒業研究を通して行った機械系学生へのメカトロものの作り教育について紹介した。近年のハイクオ化は急速でありややもすると取り残されがちであるが、機械技術者といえどもマイクロコンピュータをブラックボックス化せずメカトロニクスの一つの構成機器としてある程度使えるようになることは現在では必要なことである。筆者の企業時代の経験では、製品開発においていわゆる機械屋と電気屋の意思疎通が一番難しいが、これを解決するにはメカの分かっている機械屋が電気に歩み寄るのが一番良いと思うからである。メカトロニクスは、物理系の力学とは少し異なり、実体験によってのみ理解できる実践的な学問である。書物を読んで机上で考えているだけでは本質は理解できない。個々人がメカトロものの作りを

表5 ”マイコンねずみ”の部品表

名称	形式	数量	再使用
センサ	EE-SY671	2	可
マイコン	AKI-80	1	可
シャーシ、モータ、駆動機構	壁づたいねずみ工作基本セット	1	可
ミニリレー	G6A	2	
DC-DCコンバータ	LP5-5S200	1	
EP-ROM	27C256	1	可
トランジスタ	2SC1815	2	
リセットスイッチ	SKHHAJ	1	
トグルスイッチ	MS500 2P	1	
ピンソケット	AKI-80用	3	
基板	ICB293G	1	
スペーサ	SBB330	4	可
抵抗、コンデンサ	—	9	
ダイオード、LED	—	3	
乾電池	単3、006P	3	
電池ソケット	単3、006P	3	
ケーブル他消耗品	—	—	
(合計)		38	

実践し、ハイクオ技術を追体験してこそ真のメカトロニクス技術が修得できるものと考えられる。

一方、もの作りを取り入れた実践教育がよいことは分かっているが、一部の卒業研究や課外活動では可能であっても、実際の教科課程に組み込み継続的に続けて行くことは資金的な負担等からなかなか難しいことも事実である。このような面では、本報の第4章で紹介した方法は負担も比較的軽く、専攻科レベルなら実施可能と思える。これは玩具模型の改造という方法であるが、4. 2節で述べたようにメカトロニクスの基本要素は全て備わっておりメカトロものの作りの実体験は可能である。

本報を執筆しているとき、NASAの火星探査ロボットのソジャーナーが活躍している映像が新聞やテレビで報道されていた。移動ロボットの教育・研究に係わる者として勇気付けられるニュースであった。

最後に、本研究の当初において岡山職業能力開発短期大学校の秋本圭一先生、国立吉備高原職業リハビリテーションセンターの柳秀樹先生には種々のノウハウを教えてくださいました。ここに深く感謝の意を表する次第である。

参考文献

- (1) 相田洋・荒井岳夫、新・電子立国、第2巻、(1996)、
152-160、日本放送出版協会
- (2) 江崎秀司・今堀信昭、創造性豊かな人材育成を目的とした
創作活動の試行、日本機械学会論文集、63-608、B(1997)、
1475-1480
- (3) 大熊政明・ほか13名、機械開発設計に立脚した機械工学
の総合的教育法のひとつの試み、日本機械学会ロボティク
ス・メカトロニクス講演会'97講演論文集、(1997)、
741-742
- (4) 矢野智昭・ほか15名、「ロボットコンテスト」特集記事、
日本ロボット学会誌、15-1、(1997)、1-43
- (5) 大泉哲哉・ほか5名、自立型ロボット等の開発実習による
創造的教育の試み、論文集「高専教育」、20、(1997)、
152-159
- (6) 森田良文・ほか4名、専攻科実験における「もの作り」教
育システムの構築、論文集「高専教育」、20、(1997)、
208-215
- (7) 朝日新聞、1997年7月9日号、19
- (8) J.L.ジョーンズ・A.M.フリン著、熊切康雄訳、移動ロボット、
(1996)、(株)トッパン
- (9) 西田和明、やさしい電子ロボット工作、(1995)、東京電機
大学出版局
- (10) 広瀬茂男、ロボットグランプリ競技規定集、(1997)、1、
日本機械学会